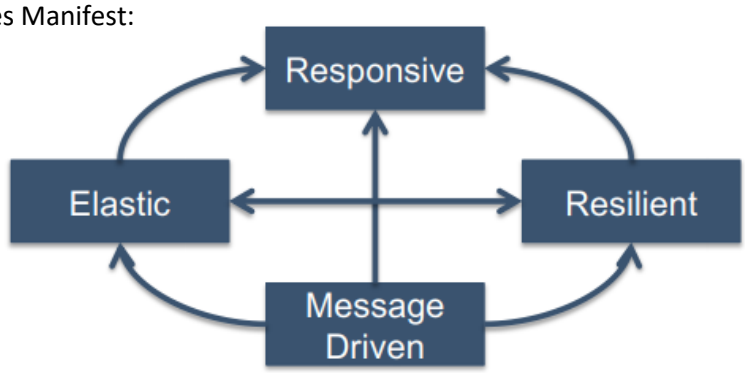
Grundlagen

- Definition Verteiltes System:
  - mehrere Einzelkomponenten auf unterschiedlichen Rechnern
  - Nachrichtenaustausch, gemeinsame Zielsetzung
  - unabhängige Komponenten, die für den Benutzer wie ein einzelnes System erscheinen
  - Merkmale:
    - Zugreifbarkeit, gemeinsame Ressourcennutzung
      - Ressourcen (z.B. Datenbanken, Dienste etc.) für alle Benutzer gleichzeitig zugreifbar
    - Nebenläufigkeit
      - parallele Abarbeitung von Teilaufgaben
    - Transparenz
      - Verbergung von verschiedenen Abläufen und Ereignissen
        - Zugriffstransparenz — Art und Weiß wie auf eine Ressource zugegriffen wird
        - Ortstransparenz — Ablageort der Ressource
        - Migrationstransparenz — Ressource kann an anderen Ort verschoben werden
        - Relokationstransparenz — Ressource kann verschoben werden, während sie benutzt wird
        - Replikationstransparenz — Ressource wird repliziert
        - Nebenläufigkeitstransparenz — Ressource wird von mehreren Benutzern gleichzeitig benutzt
        - Fehlertransparenz — Ausfall und Wiederherstellung der Ressource
      - keine 100% Transparenz: nicht sinvoll & möglich (z.B. Anzeigen von Latenz)
    - Offenheit
      - Standardisierte Schnittstellen
      - Interoperabilität: Dienst kann von mehreren Komponenten / Herstellern erbracht werden
      - Portabilität, Konfigurierbarkeit, Erweiterbarkeit
    - Skalierbarkeit
      - Größenmäßig, Geografisch, Administrativ
        - vertikale Skalierung: scale up (HW-Ressourcen erweitern)
        - horizontale Skalierung: scale in/out (heterogene Rechner / Server, z.B. für Event anmieten)
      - Zentralisierung schränkt Skalierbarkeit ein
    - Fehlertoleranz
      - lokale Fehler sollen keine Auswirkungen auf Gesamtsystem haben
- Klassen:
  - Verteilte Computersysteme (Cluster / homogene & Grid / heterogene Rechenknoten)
  - Verteilte Informationssysteme (transaktionale Unternehmensanwendungen)
  - Verteilte Pervasive Systeme (Sensoren)
- Reaktives Manifest:



  - Responsive — zeitgerechte Antwortbereitschaft, konsistente Antwortzeiten
  - Resilient — bleibt bei Ausfällen von HW und SW antwortbereit
  - Elastic — bleibt unter sich ändernden Lastbedingungen antwortbereit
  - Message Driven — asynchrone Nachrichtenübermittlung zur Sicherstellung von Isolation

Architektur

- Arten:
  - **Zentralisierte Architektur:**
    - Client-Server-Modell (2-Schicht-Architektur)
    - n-Schicht-Architektur möglich
  - Dezentrale Architektur:
    - Peer-to-Peer
  - Hybride Architektur:
    - Edge-Server-Systeme (z.B. ISP-Dienste)
- Client-Server-Modell:
  - ein Server bedient gleichzeitig 1-n Clients, die die Dienste und Daten nutzen
  - Request/Reply Kommunikationsmuster
    - Client ruft einen Dienst mit Übermittlung der Paramter auf
    - Sever antwortet und übermittelt das Ergebnis
  - bei n-schichtigen Architekturen:
    - Server übernimmt sowohl Serverrolle (für Client) als auch Clientrolle (für nachfolgende Server)
    - Arten:
      - Kette (rekursiv) → Kommunikation nur mit einer Hierachieebene drüber / drunter
      - Kette (transitiv) → letzter Server schickt reply direkt an Client
      - Baum → mehrere Server / Clients greifen auf einen Server zu, Antworten müssen koordiniert werden
  - **3-Schichten-Architektur**
    - vertikale Verteilung
      - Präsentationsschicht: Benutzerschnittstelle, nur z.B. Eingabevalidierung
      - Anwendungsschicht: fachliche Logik (Berechnung mit Daten)
      - Persistenzschicht: Datenbank- und Persistenztechnologie
    - horizontale Verteilung
      - Client & Server werden unterteilt in logisch gleiche Teile
      - Innerhalb einer Schicht kommt es zu Parallelisierung
- Möglichkeiten der Umsetzung:
  - Betriebssystem:
    - Netzwerkbetriebssystem:
      - locker gekoppelt, heterogene Multi-Computer
      - lokale Dienste für entfernte Clients
      - z.B. Linus, MacOS, Windows ...
    - Verteiltes Betriebssystem:
      - gekoppeltes Betriebssystem für Multiprozessoren und homogene Multicomputer
      - für Nutzer erscheint es wie ein logisches Betriebssystem
  - Anwendungen:
    - Verteilte Anwendung:
      - verschieden Komponenten erfüllen eine gemeinsame Aufgabe
      - für Benutzer transparente Verteiltheit
    - Middleware:
      - Ausgliederung der Dienste zur Umsetzung einer verteilten Anwendung mit Standardschnittstellen
      - Verteiltheit für Entwickler transparent

Prozesse und Threads

- Definition:
  - Programm: Menge von Anweisungen einer höheren Programmiersprache
  - Prozesse: entstehen bei Ausführung eines Programms, können Kindprozesse starten
  - Threads: Prozesse, die innerhalb einges gemeinsamen Adressraums laufen
    - context switch:
      - „context“ ist Zustand vom Prozess
      - context switch ist Übergang von einem Thread zum nächsten
      - beim context switch wird Zustand gespeichert und der Zustand des neuen Threads geladen
  - Unterschied Thread / Prozess:
    - Thread wird Prozessen vorgezogen
    - Kontextwechsel von Threads einfacher, weil TCB (Thread Control Block) kleiner ist als PCB (Process ...)
- Threads in verteilten Systemen:
  - Client:
    - Benutzereingaben sind parallel zur Verarbeitung im Hintergrund möglich
    - verbergen langer Latenzzeiten, parallele Kommunikaten über mehrere Kanäle
  - Server:
    - blockierende Aufrufe von Methoden ohne Prozess zu blockieren
    - z.B. parallele Abarbeitung von Requests (gleichzeitige Aufnahme und Abarbeitung von Anfragen)
- Erzeugung und Aufruf von Threads in Java:

```
public class KLASSE implements Runnable {
    @Override
    public void run() {          // dieser Code wird bei Aufruf ausgeführt
        //CODE
    }
}

public class STARTER {
    Thread myThread = new Thread(new KLASSE());
                                 // Runnable Klasse muss zugewiesen werden
    myThread.start();            // zum Starten vom Thread, führt run() aus
}
```

  - alternativ:

```
public class KLASSE extends Thread {
    @Override
            // Klasse Thread implementiert Runnable-Interface
            // run()-Methode als Implementierung
    public void run() {
        //CODE
    }
}
public class STARTER {
    KLASSE myThread = new KLASSE();
                                 // direkter Aufruf der Klasse
    myThread.start();
}
```

  - Daemon:
    - Daemon-Threads werden mit Programmende hart beendet, andere Threads laufen bis zum Ende des letzten User-Threads
    - Aufruf durch:
      `myThread.setDaemon(true)`

- geteilte Ressourcen:
  - Race Condition
    - zwei oder mehr Treads teilen sich eine Ressource:
    - Starvation, Lost Update, etc. wenn mehrere Prozesse schreiben wollen
  - Critical Section:
    - Der Aufruf, der eine „race condition“ verursacht muss synchronisiert werden, der simultane Zugriff muss unterbunden werden
  - Thread-safety
    - ein Prozess, der frei von race conditions ist
  - Monitor zur Synchronisation
    - regelt den Zugriff auf einen Codeblock, gleichzeitiger Zugriff nur von einem Thread möglich

```
Object monitor = new Object();          //kann für mehrere synchronized benutzt werden
public void add (long x) {
     synchronized(monitor){             // Zugriff gleichzeitig nur durch einen Thread
          while(count < 5){             // threads warten, wenn count < 5 ist
               try {
                    monitor.wait();
               } catch (InterruptedException ex) {}
          }
          this.count = this.count + x;      // Änderung erst nach while-Schleife
          monitor.notifyAll();          // Alle wartenden Threads werden benachrichtigt
     }
}
```

    - notwendig, wenn es mehrere schreibende Zugriffe gibt
    - für mehrere Methoden, die auf eine Variable zugreifen, benutzt man **denselben monitor**
    - mit `notifyAll()` werden alle Threads aufgeweckt → keine Warteschlange
      - `notifyAll()` muss benutzt werden, wenn:
        - Wartebedingungen der Threads unterschiedlich sind, aber die Ressource gleich
        - Potenziell mehrere Threads weiterlaufen können
      - sonst können Deadlocks auftreten:
        - Threads warten gegenseitig auf Zuteilung von Ressourcen
        - vgl. Parkhaus:
          - Auto wartet darauf, reinfahren zu können, aber keins fährt raus, weil es auf monitor wartet
      - Deadlock-Vermeidung:
        - komplette Anforderung: entweder alle Ressourcen oder keine
        - geordnete Anforderung: bestimmte Reihenfolge der angeforderten Betriebsmittel
        - analysierte Anforderung: vorherige Analyse, welche Belegung ohne Verklemmung möglich ist

- Java-Concurrency-Framework:
  - API-Klassen zu Standardproblemen der Thread-Synchronisierung
  - Locks und Conditions
    - implementiert die synchronized, wait und notify Funktionen

```
Lock monitor = new ReentrantLock();
Condition leser = monitor.newCondition(), schreiber = monitor.newCondition();
public Object get(){
     monitor.lock();          // am Anfang locken des monitors
     try {
          while(...) { try {
               leser.await(); } catch ...
          }    // vgl. monitor.wait()
          // Ausführung
          schreiber.signal();  // vgl. monitor.notifyAll()
     } finally {
          monitor.unlock();     // unlocken des monitors bis zum nächsten Aufruf
}}
```

- zeitliche Synchronisation
  - `CountDownLatch`
    - Synchronisiert gemeinsamen Beginn oder Ende von Threads
    - Threads warten mit `await()`, zählen mit `countDown()` herunter und starten dann
  - `CyclicBarrier`
    - synchronisiert auch gemeinsamen Beginn oder Ende
    - `await()` blockiert Aufruf, bis genügen Threads `await()` aufgerufen haben, dann werden alle gestartet
    - letzter Thread gibt Blockierung der anderen frei
    - kann durch `reset()` wiederverwendet werden
- atomic-Klassen
  - thread-safe Implementierung für Standardfälle
- Threadpool: keine fachliche Sperrbedingung, sammelt Threads, führt Thread aus wenn Kapazitäten frei sind

Kommunikation – Sockets

- TCP: verbindungsorientiert (Request/Reply), UDP: verbindungslos (Send/Receive)
- Socket bezeichnet Programmierschnittstelle (API) des OS zur Internetprozesskommunikation über TCP / UDP
- Verbindungsaufbau:
  - Server lauscht über Server-Socket
  - sobald Client Verbindung aufbaut, wird neuer Socket erstellt mit TCP / UDP, alter Socket lauscht weiter

Implementierung: Server

```
try(ServerSocket serverS = new ServerSocket(<PORT>)) {
  while(true) {              // lauscht dauerhaft
    try {
      Socket s = serverS.accept();

      // Input & Output-Stream definieren
      InputStream in = s.getInputStream();
      BufferedReader reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(in));

      OutputStream out = s.getOutputStream();
      PrintWriter writer = new Printwriter(out);

      writer(println(„Hallo“);
      writer.flush();           // senden des Pakets
      String antwort = reader.readLine();
      System.out.println(„Antwort der Gegenseite: “ + antwort);
      s.close();
    } catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
  }
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

Implementierung: Client

```
try {
  Socket s = new Socket(„<DOMAIN>“, <PORT>);
  InputStream in = s.getInputStream();
  BufferedReader reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(in));

  OutputStream out = s.getOutputStream();
  PrintWriter writer = new Printwriter(out);

  String eingang = read.readLine();
  writer.println(„Ich habe empfangen: “ + eingang);
  writer.flush();
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

- Framing → zur Entscheidung, wann eine Nachricht vollständig eingegangen ist
  - Delimiter-based: Nachricht wird durch Begrenzer abgeschlossen, z.B. „\0“ in C-Strings
  - Explicit length: Nachricht beginnt mit Feld fixer Länge, in der Länge der Nachricht steht
- Möglichkeiten der Server-Implementierungen:
  - sequenzieller Server
    - lässt nur einen Client nach dem anderen zugreifen, Anfragen werden nacheinander abgearbeitet
  - Paralleler Server
    - durch Aufbau neuer Sockets können Clients parallel zugreifen
    - zwei Aufgaben:
      - Annahme und Verteilung von Anfragen
      - Abfragen von Anfragen

Kommunikation – RPC

- Eigenschaften:
  - Alle Funktionsaufrufe sollen wie lokale Funktionsaufrufe funktionieren
  - Funktion wird von Client aufgerufen, auf Server abgearbeitet und zu Client zurückgesendet
- Architektur:
  - Client-Stub:
    - Funktionssignatur wie eigentliche Funktion
    - ist für die Datentransformation (Marshalling, Unmarshalling) und die Kommunikation mit dem Server zuständig
  - Server-Stub / Skeleton:
    - nimmt Anfragen des Betriesbssystems entgegen
    - übernimmt die Kommunikations- und Datentransferaufgaben
    - Ruft die lokale Funktionalität zur Ausführung der Anfrage auf
  - Datentransformation:
    - Marshalling / Encode:
      - Umwandlung von lokaler Datencodierung in Zielcodierung
    - Unmarshalling / Decode:
      - Rückumwandlung in die lokale Datencodierung
- Schnittstellenbeschreibung:
  - so neutral wie möglich
  - mindestens Beschreibung der Daten- und Funktionsstrukturen
  - z.B. Interface Definition Language IDL
- Bindung mit Verzeichnisdienst:
  - Orts- und Migrationstransparenz soll gewahrt werden, deshalb keine feste Codierung der Server-Adresse im Client
  - Implementierung der Schnittstelle über Verzeichnisdienst anfragen
- Interaktionssemantik:
  - Request/Reply
    - Client sendet Request und wartet, bis Reply vom Server zurückkommt
    - synchrone Kommunikation
  - Request/Future
    - Client sendet Request, Server bestätigt Empfang
    - Client arbeitet weiter und prüft periodisch, ob Ergebnis vorliegt
    - zurückgestellte synchrone Kommunikation
  - Request/Callback
    - Client sendet Request & Adresse für Callback, Server sendet Ergebnis an Callback-Adresse
    - asynchrone Kommunikation
  - Oneway
    - Client sendet Request, Rückgabe erfolgt nicht
    - Fire and forget, Ein-Weg-Kommunikation

Kommunikation – Java RMI (Remote Method Invocation)

- RPC-artige Implementierung in Java
- Schritte zur Erstellung:
  - Interface definieren

```
public interface INTERFACE extends Remote {
   public String method(String s) throws RemoteException;
}
```

  - Server-Klasse implementieren

```
public class CLASS implements INTERFACE {
   @Override
   public String method(String s) throws RemoteException { ... }
}
```

  - Stub erzeugen & registrieren

```
INTERFACE object = new CLASS();        // Objekt wird erzeugt
INTERFACE stub = (RemoteInterface)UnicastRemoteObject.exportObject(object,0);
Registry r = LocateRegistry.createRegistry(<PORT>);   // 1x create, sonst get
r.bind(„Codename“, stub); // für Verbindung
```

  - Client implementieren

```
Registry r = LocateRegistry.getRegistry(„localhost“, <PORT>);
INTERFACE skeleton = (INTERFACE) r.lookup(„Codename“); // Verbindung
String antwort = skeleton.method(„Max Muster“); //Methodenaufruf
```

- Parameteraustausch:
  - standardmäßig werden Parameter „by value“ übergeben
    - Objekte müssen serialisierbar sein:
      - Klasse wird durch `implements serializable` (Marker Interface) als serialisierbar markiert
      - Werte des Objekts werden in Stream geschrieben, bei De-Serialisierung aus Stream in leeres Objekt
      - RMI nutzt Serialisierung standardmäßig, also müssen alle Parameter serialisierbar sein
      - Serializable-Interface:
        - Container speicher Attributwerte in Outputstream
        - Standard-Serialisierung von JVM: passiert automatisch, aber langsam & speicherintensiv
        - Daten, die nicht übergeben werden sollen, können durch `transient` ausgeschlossen werden
          - z.B. `private transient Decimal gehalt`
    - Ausführung ist lokal auf Werten, die übertragen wurden
    - Klasse by value:

```
public class Kunde implements serializable { ... }
```

  - Übergabe „by reference“
    - Stub des Clients wird beim Aufruf übergeben und durch Funktion des Servers angesprochen
    - Ausführung von Client zu Server remote
    - Interface auf Server:

```
public interface ServerIF extends Remote {
   public void anlegen(KundeIF k) throws... //Stub wird mit übergeben
}
```

    - Klasse by reference:

```
public interface KundeIF extends Remote { String getName() throws... }

public class Kunde implements KundeIF { ... }
```

Beispiel Client-Implementierung (call by reference – Übergabeparameter):

Server-Seite:

```
public interface KundeIF extends Remote { String getName() throws... }

public interface ServerIF extends Remote {
   public void anlegen(KundeIF k) throws RemoteException;    }

public class Kunde implements KundeIF {
   private String name;

   @Override
   public String getName() throws RemoteException { return this.name; }
}
```

Client-Seite:

```
public class Client {
   public static void main(String[] args) throws Exception {
      // Skeleton anbinden
      Registry registry = LocateRegistry.getRegistry(„hostdomain.de“, 1099);
      ServerIF serverStub = (ServerIF) registry.lookup(„service-name“);

      // kundenStub erstellen & Funktion aufrufen
      Kunde k = new Kunde(„Max Muster“);
      KundeIF kundenStub = (KundeIF) UnicastRemoteObject.exportObject(k, 0);
         // exportObject bekommt Kundenobjekt zugewiesen
      serverStub.anlegen(kundenStub); // Stub wird statt Objekt übergeben
}}
```

Beispiel Client-Implementierung (call by reference – Rückgabeparameter):

Server-Seite:

```
public interface KundeIF extends Remote { String getName() throws... }

public interface ServerIF extends Remote {
   public KundeIF kundeSuchen(int kundenNr) throws RemoteException;     }

public class Kunde implements KundeIF {
   private String name;

   @Override
   public String getName() throws RemoteException { return this.name; }
   public void setName(String name) { this.name = name; }
}

public class Server implements ServerIF {
   public KundeIF kundeSuchen(int kundenNr) throws RemoteException {
      Kunde k = new Kunde();
      String name = // aus Datenbank laden o. Ä.
      k.setName(name);

      // Stub für Rückgabe an Client, kann dann genutzt werden
      KundeIF kundenStub = (KundeIF) UnicastRemoteObject.exportObject(k, 0);
      return kundenStub;
}}
```

- Entscheidungsfaktoren:
  - wie oft werden Details benötigt?
  - wie groß ist das Objekt?
  - wie häufig ändert sich etwas?
  - sollen Änderungen direkt am Origianlobjekt durchgeführt werden?

- Callback:
  - Client übergibt beim Funktionsaufruf einen Stub von einem neuen Client
  - Server sendet Besätigungsobjekt zu späterem Zeitpunkt an Client-Stub zurück
  - Aufruf erst nach Bestätigung zu Ende, aber zwischendurch keine blockierende Wirkung

Beispiel Callback-Implementierung:

Server-Seite:

```
public interface ServerIF extends Remote {
  public void erteileAuftrag(Auftrag a, CallbackIF referenz) throws...;
  // referenz ist neuer client, der die bestaetigung erhält
}

public interface CallbackIF extends Remote {
  public void setBestaetigung(Bestaetigung b) throws RemoteException;
}
```

Client-Seite:

```
public class Client implements CallbackIF {
  public static void main(String[] args) {
    // Skeleton anbinden
    Registry registry = Locate.getRegistry(„reg.othr.de“, 1099);
    ServerIF serverStub = (ServerIF) registry.lookup(„service-name“);

    // Callbackstub erstellen mit neuem Client
    Auftrag auftrag = new Auftrag(„10 Leberkäs-Semmeln bitte“);
    CallbackIF c = new Client();
    CallbackIF callbackStub = (CallbackIF)UnicastRemoteObject.exportObject(c, 0);
    serverStub.erteileAuftrag(auftrag, callbackStub);
  }

  @Override
  public void setBestaetigung(Bestaetigung b) throws RemoteException {
    // z.B. in Datenbank Bestaetigung sichern
  }
}
```

  - Callback:
    - hohe Praxisrelevanz, da keine blockierenden Aufrufe
    - zusätzliche, server-artige Implementierung nötig
    - Zuordnung von Aufruf zu Bestätigung bzw. Callback wichtig

- RMI-Codebase:
  - alle Komponenten müssen für System bekannt sein, dafür werden jar-Dateien erstellt

Kommunikation – SOA (serviceorientierte Architektur)

- Definition
  - Services sind klar gegeinander abgegrenzte und aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvolle Funktionen
  - Bestandteile:
    - Service: Abbildung konkreter Fachlichkeit in Geschäftsprozessen implementiert
    - Application Frontend: eigene GUI innerhalb einer SOA, häufig Webanwendung
    - Service-Bus: zentrale Kommunikationskomponente einer SOA
    - Service-Repository: Verzeichnisdienst zum Registrieren der angebotenen Services
    - Service-Inventory: Verwaltung und Planungssoftware für eine SOA
  - Find-Bind-Execute:
    - Anbieter veröffentlicht Services an Vermittler
    - Nutzer sucht über Vermittler Services
    - Nutzer frägt Beschreibung von Anbieter ab und nutzt Service
  - Service-Orchestrierung:
    - Service ist idealerweise von der Ablauflogik getrennt
    - Steuerungsschicht stellt notwendige Daten für Services zur Verfügung
- Webservices:
  - **SOAP**- / WSDL-Webservices
    - WSDL: (Web Services Definition Language)
      - stellt Model und XML-Format zur Beschreibung von Webservices zur Verfügung
    - SOAP: (stateless, oneway message exchange paradigm)
      - Envelope SOAP-Version und XML-spezifische Parameter
      - Header meist Steuerungsinformationen für den Nachrichtenaustausch
      - Body Nutzdaten in XML codiert für den Serviceaufruf
  - **REST**ful-Webservices
    - Representational State Transfer, Architekturstil, kann auf Webservices übertragen werden
    - Ziele: Skalierbarkeit, Generalisierung, unabhängiges Deployment von Komponenten, geringe Latency, erhöhte Sicherheit, Kapselung von Legacy-Anwendungen
    - Konvention bei REST:
      - Transport: HTTP
      - Methoden: CRUD
      - Gruppierung von Funktionalität nach Geschäftsobjekten
    - Konzepte:
      - Resource: Geschäftsobjekte, jede Information die benannt werden kann
      - Resource Identifier: eindeutige ID
      - Representation: Darstellung einer Resource in Datenformat, z.B. XML oder JSON
      - State of a Represenation: derzeitiger oder gewollter Status
      - Components: Service-Provider und -Consumer
    - CRUD zu HTTP-Methoden
      - HTTP: POST GET PUT DELETE
      - CRUD: CREATE READ UPDATE DELETE

- JAX-RS:
  - JavaAPI for Restful Webservices, die die Funktionalität liefert, auf HTTP-Reqeusts zu reagieren und passende HTTP-Responses zu schicken
    - @Path — Pfad
    - @GET, @POST, @PUT, @DELETE — CRUD
    - @Produces und @Consumes — Medientyp muss angehängt werden
    - @PathParam / @QueryParam — Binding von Parametern
  - muss implementiert werden, z.B. von Jersey
  - Code:
    - z.B. Aufruf für Aufforderung:
      GET /students/123 HTTP/1.1 Accept: application/xml

```
@GET   // GET-Aufruf wird vorangestellt
@Path(„students/{id}“)      // Wenn Pfad übereinstimmt: Aufruf Funktion
@Produces(MediaType.APPLICATION_XML)    // Rückgabetyp wird festgelegt
public Student read(@PathParam(„id“) int mnr){
       // Parameter id wird in mnr variable geschrieben
  Student s;
  // s aus Datenbank lesen
  return s; // gibt Studen Objekt zurück, wird zu XML-Objekt umgewandelt
}
```

- Ausgabe beinhaltet Header & XML- / Json-Objekt:

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-type: application/xml
Content-length+: <ZEICHENANZAHL>
\r\n
...
```

- Notationen:

JSON:

```
{
  „objektname“ : {
    „mainID“: 12345,
    „integer“: 123,
    „string“: „STRING“,
    „array“ : [123, 456, 789],
    „objekt“ : {
      „string2“: „STRING“,
      „string3“: „STRING“
    }
  }
}
```

XML:

```
<?xml version=“1.0“ ... >
<objektname  mainID=“12345“>
  <integer>123</integer>
  <string>STRING</string>
  <array>
    123, 456, 789
  </array>
  <objekt>
    <string2>STRING</string2>
    <string3>STRING</string3>
  </objekt>
</objektname>
```

Transaktionen

- Ziel: persistente, konsistente, zuverlässige Datenhaltung
- ACID:
  - Atomicity Transaktion ist unteilbar, entweder vollständig oder gar nicht ausgeführt
  - Consistency: Transaktion hinterlässt konsistenten Datenbestand
  - Isolation: bei paralleler Ausführung muss Ergebnis genauso sein wie bei sequenzieller
  - Durability: Änderungen am Datensatz durch eine Transaktion sind dauerhaft
- Strategien:
  - privater Arbeitsbereich Änderungen an Kopie, nach Abschluss festschreiben
  - Write-Ahead-Log Operationen auf Original-Dateien, Protokollierung im Log
- Arten von Transaktionen:
  - Flache Transaktion ACID-Eigenschaft, Normalfall sind SQL-Befehle
  - Verschatelte Transatkion besteht aus unabhängigen Teiltransaktionen mit ACID-Eigenschaften
  - Verteilte Transaktion flache Transaktion in verteiltem System
- Beispiele:
  - Datenbankmanagementsysteme (DBMS)
  - Workflowsysteme
  - Unternehmensanwendungen
  - B2B-Anwendungen
- Technologien
  - JDBC
    - Verbindungsaufbau und Zugriff auf Tabellen, SQL-Statements an Datenbank senden
  - Transaction-Processing-Monitor (TP-Monitor)
    - für verteilte Transaktionen: Koordination
    - Phasen:
      - 1. Abstimmungsphase
        - Teilnehmer führen Operation vorläufig durch, antworten mit READY oder ABORT
      - 2. Entscheidungsphase
        - wenn alle READY gesendet haben, wird COMMIT durchgeführt
        - wenn nicht alle READY sind, ABORT oder ROLLBACK
      - 2 Phasen Protokoll
    - Consistency und Isolation durch Kontrollverfahren sichergestellt
  - Nebenläufigkeitssteuerung
    - Operationen, die Konflikt erzeugen können, müssen korrekt geplant werden
    - Lösungsmöglichkeiten:
      - pessimistischer Ansatz Operationen synchronisieren, bevor sie begonnen werden
      - optimistischer Ansatz Operationen ausführen, am Ende synchronisieren und prüfen

Replikation und Caching

- Replikation:
  - Mehrfachspeicherung von Daten
  - Ziele: Performanz, Verfügbarkeit, Verlässlichkeit
  - Replikation vs. Konsistenz:
    - man verzichtet auf strikte Konsistenz, um Ziele zu erreichen
    - wie weit man von Konsistenz abweicht, muss individuell entschieden werden
- Caching:
  - Pufferspeichern mit geringer Zugriffszeit
  - Sonderform von Replikation: nicht Besitzer, sondern Benutzer entscheidet sich für Replikation
  - Ausprägungen:
    - Orte: Datenbank, Heap, Browser, Festplatte, CPU
    - Arten: Lokaler Cache, Data Grid, Datenbank-Persistenz-Schicht
    - Verteilungsmethoden:
      - Replication: Jeder bekommt Kopie von allem
      - Invalidation: Bei Änderungen müssen andere Knoten löschen
      - Distribution: Jeder nur einen Anteil, gleichmäßige Verteilung
- Konsitenz:
  - Clientzentrierte Konsistenzmodelle:
    - Monotones Lesen: Jede Operation liest den gleichen Wert von Element x
    - Monotones Schreiben: Schreiboperation auf x wird erst abgeschlossen, bevor nächste beginnt
    - Read your own writes: Prozess kann beim Lesen die eigenen Schreiboperationen sehen
    - Write follows read: Schreiboperation garantiert auf kürzlich gelesenem Wert
- BASE-Prinzip:
  - BA basically available: System verfügbar, schnelle Antwortzeiten
  - S soft state: Aktualität eines Objekts nimmt kontinuierlich ab, Bewertung durch Attribut
  - E eventually consistent: keine strikte Konsistenz, Konsistenz wird erst nach Schreibprozess hergestellt
  - Gegenstück zu ACID
- CAP-Theorem
  - Consistency, Availability, Partition tolerance
  - Unmöglich, in einem verteilten System alle drei Eigenschaften zu garantieren (maximal 2 gleichzeitig)

MapReduce

- Verarbeitung großer Datenmengen in verteilten Umgebungen
- Phasen:
  - Map: analysiert key-value Paare, weist jedem Key alle zugehörigen Values zu
  - Sort & Shuffle: sortiert Paare nach Keys, gruppiert Paare für jeden Key und fasst Values zusammen
  - Reduce: empfängt neue k-v-Paare, wird für jeden unique key ausgeführt, Ergebnis neue k-v-Paare
  - (Collator: fässt alle Ergebnisse zusammen, MapReduce-Zyklus wird nochmal durchlaufen)
- Code:

```
map(String key, String value):
  // key: document name
  // value: content of document
  for each word w in value:
    emit(w, „1“);     // gibt Wort & „1“ als Paar raus

// dazwischen Sortierung der Paare

reduce(String key, List<String> value):
  // key: unique word
  // value: list of counts
  int result = 0;
  for each v in value:
    restult += Integer.valueOf(v);     // zählt Anzahl Vorkomnisse des Worts
```

Microservices

- Strukturierung der Anwendung so wie die Organisation strukturiert ist und kommuniziert (Conway's Law)
- Architekturstil Microservices:
  - Service läuft unabhängig von anderen Services als eigener Prozess
  - Jeder Service hat eigene Laufzeitumgebung (Web-, Anwendungsserver, Datenbank)
  - Kommunikation zwischen Services über leichtgewichtige Mechanismen, z.B. REST-Schnittstellen
  - Services werden unabhängig zur Ausführung gebracht
- Vergleich Monolith vs. Microservices:
  - Monolith:
    - n Services, 1 Prozess
    - Skalierung durch Replikation der ges. Anwendung
    - zentrierte, relationale Datenhaltung
  - Microservice:
    - n Services, n Prozesse
    - Skalierung durch Replikation nach Bedarf
    - Jeder Microservice kann eigene Persistenzeinheit besitzen
      - Polyglotte Persistenz (Datenhaltung bei Microservices)
        - Microservice hat eigene Datenhaltung, richtet sich nach Zweck des Microservices
        - kann z.B. relational oder NoSQL sein
- DevOps
  - Individuelle Zusammenstellung der Services möglich, effizientere Arbeitsabläufe und Prozesse
  - kann auf die Bedürfnisse der IT-Abteilung angepasst werden
  - **DevOps** = **Dev**elopment + **Op**erations
- Umsetzung:
  - technische Möglichkeiten z.B. Java Enterprise Edition mit JAX-RS
  - Virtualisierung für Cloud-Ausrichtung → Docker
- **Docker:**
  - Virtualisiert eine Kontrollgruppe wie VirtualBox, aber ohne Betriebssystem
    - benutzt Linux-Kernel zur Virtualisierung der Prozesse
  - Image lässt sich in Docker-Umgebung laden, darin können Prozesse bzw. Microservices laufen

`docker help <cmd>`	Zeigt alle Befehle des Clients an, mit `<cmd>` die Hilfeseite des angegebenen Befehls, z. B. `docker help run`
`docker pull`	Lädt ein Image aus der Registry
`docker images`	Zeigt alle lokalen Images
`docker run`	Startet einen neuen Container auf Basis eines Images
`docker ps`	Zeigt alle Container
`docker start`	Startet einen gestoppten, bereits vorhandenen Container
`docker stop`	Stoppt einen laufenden Container
`docker build`	Baut ein neues Image (auf Basis eines Konfigurationsfiles)
`docker push`	Lädt ein (neues) lokales Image in das Repository

Threads

- Erzeugung und Aufruf von Threads in Java:

```
public class KLASSE implements Runnable {
    @Override
    public void run() {          // dieser Code wird bei Aufruf ausgeführt
        //CODE
    }
}

public class STARTER {
    Thread myThread = new Thread(new KLASSE());
                                 // Runnable Klasse muss zugewiesen werden
    myThread.start();            // zum Starten vom Thread, führt run() aus
}
```

  - alternativ:

```
public class KLASSE extends Thread {
    @Override
            // Klasse Thread implementiert Runnable-Interface
            // run()-Methode als Implementierung
    public void run() {
        //CODE
    }
}
public class STARTER {
    KLASSE myThread = new KLASSE();
                                 // direkter Aufruf der Klasse
    myThread.start();
}
```

  - Monitor zur Synchronisation

```
Object monitor = new Object();        //kann für mehrere synchronized benutzt werden
public void add (long x) {
    synchronized(monitor){            // Zugriff gleichzeitig nur durch einen Thread
        while(count < 5){             // threads warten, wenn count < 5 ist
            try {
                monitor.wait();
            } catch (InterruptedException ex) {}
        }
        this.count = this.count + x;      // Änderung erst nach while-Schleife
        monitor.notifyAll();          // Alle wartenden Threads werden benachrichtigt
    }
}
```

  - Locks und Conditions

```
Lock monitor = new ReentrantLock();
Condition leser = monitor.newCondition(), schreiber = monitor.newCondition();
public Object get(){
    monitor.lock();          // am Anfang locken des monitors
    try {
        while(...) { try {
            leser.await(); } catch ...
        }    // vgl. monitor.wait()
        // Ausführung
        schreiber.signal();  // vgl. monitor.notifyAll()
    } finally {
        monitor.unlock();    // unlocken des monitors bis zum nächsten Aufruf}}
```

Sockets

Implementierung: Server

```
try(ServerSocket serverS = new ServerSocket(<PORT>)) {
  while(true) {              // lauscht dauerhaft
    try {
      Socket s = serverS.accept();

      // Input & Output-Stream definieren
      InputStream in = s.getInputStream();
      BufferedReader reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(in));

      OutputStream out = s.getOutputStream();
      PrintWriter writer = new Printwriter(out);

      writer(println(„Hallo“);
      writer.flush();            // senden des Pakets
      String antwort = reader.readLine();
      System.out.println(„Antwort der Gegenseite: “ + antwort);
      s.close();
    } catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
  }
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

Implementierung: Client

```
try {
  Socket s = new Socket(„<DOMAIN>“, <PORT>);
  InputStream in = s.getInputStream();
  BufferedReader reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(in));

  OutputStream out = s.getOutputStream();
  PrintWriter writer = new Printwriter(out);

  String eingang = read.readLine();
  writer.println(„Ich habe empfangen: “ + eingang);
  writer.flush();
} catch (IOException e) { e.printStackTrace(); }
```

RMI

- Interface definieren

```
public interface INTERFACE extends Remote {
  public String method(String s) throws RemoteException;
}
```

- Server-Klasse implementieren

```
public class CLASS implements INTERFACE {
  @Override
  public String method(String s) throws RemoteException { ... }
}
```

- Stub erzeugen & registrieren

```
INTERFACE object = new CLASS();        // Objekt wird erzeugt
INTERFACE stub = (RemoteInterface)UnicastRemoteObject.exportObject(object,0);
Registry r = LocateRegistry.createRegistry(<PORT>);   // 1x create, sonst get
r.bind(„Codename“, stub); // für Verbindung
```

- Client implementieren

```
Registry r = LocateRegistry.getRegistry(„localhost“, <PORT>);
INTERFACE skeleton = (INTERFACE) r.lookup(„Codename“); // Verbindung
String antwort = skeleton.method(„Max Muster“); //Methodenaufruf
```

  - Klasse by value:

```
public class Kunde implements serializable { ... }
```

  - Klasse by reference:

```
public interface ServerIF extends Remote {
  public void anlegen(KundeIF k) throws... //Stub wird mit übergeben }

public interface KundeIF extends Remote { String getName() throws... }

public class Kunde implements KundeIF { ... }
```

Beispiel Client-Implementierung (call by reference – Übergabeparameter):

Server-Seite:

```
public interface KundeIF extends Remote { String getName() throws... }

public interface ServerIF extends Remote {
  public void anlegen(KundeIF k) throws RemoteException;    }

public class Kunde implements KundeIF {
  private String name;

  @Override
  public String getName() throws RemoteException { return this.name; }
}
```

Client-Seite:

```
public class Client {
  public static void main(String[] args) throws Exception {
    // Skeleton anbinden
    Registry registry = LocateRegistry.getRegistry(„hostdomain.de“, 1099);
    ServerIF serverStub = (ServerIF) registry.lookup(„service-name“);

    // kundenStub erstellen & Funktion aufrufen
    Kunde k = new Kunde(„Max Muster“);
    KundeIF kundenStub = (KundeIF) UnicastRemoteObject.exportObject(k, 0);
      // exportObject bekommt Kundenobjekt zugewiesen
    serverStub.anlegen(kundenStub); // Stub wird statt Objekt übergeben
}}
```

Beispiel Client-Implementierung (call by reference – Rückgabeparameter):

Server-Seite:

```
public interface KundeIF extends Remote { String getName() throws... }

public interface ServerIF extends Remote {
  public KundeIF kundeSuchen(int kundenNr) throws RemoteException;     }

public class Kunde implements KundeIF {
  private String name;

  @Override
  public String getName() throws RemoteException { return this.name; }
  public void setName(String name) { this.name = name; }
}

public class Server implements ServerIF {
  public KundeIF kundeSuchen(int kundenNr) throws RemoteException {
    Kunde k = new Kunde();
    String name = // aus Datenbank laden o. Ä.
    k.setName(name);

    // Stub für Rückgabe an Client, kann dann genutzt werden
    KundeIF kundenStub = (KundeIF) UnicastRemoteObject.exportObject(k, 0);
    return kundenStub;
}}
```

Beispiel Callback-Implementierung:

Server-Seite:

```
public interface ServerIF extends Remote {
  public void erteileAuftrag(Auftrag a, CallbackIF referenz) throws...;
  // referenz ist neuer client, der die bestaetigung erhält
}

public interface CallbackIF extends Remote {
  public void setBestaetigung(Bestaetigung b) throws RemoteException;
}
```

Client-Seite:

```
public class Client implements CallbackIF {
  public static void main(String[] args) {
    // Skeleton anbinden
    Registry registry = Locate.getRegistry(„reg.othr.de“, 1099);
    ServerIF serverStub = (ServerIF) registry.lookup(„service-name“);

    // Callbackstub erstellen mit neuem Client
    Auftrag auftrag = new Auftrag(„10 Leberkäs-Semmeln bitte“);
    CallbackIF c = new Client();
    CallbackIF callbackStub = (CallbackIF)UnicastRemoteObject.exportObject(c, 0);
    serverStub.erteileAuftrag(auftrag, callbackStub);
  }

  @Override
  public void setBestaetigung(Bestaetigung b) throws RemoteException {
    // z.B. in Datenbank Bestaetigung sichern
  }
}
```

JAX-RS (für REST):

- z.B. Aufruf für Aufforderung:
  GET /students/123 HTTP/1.1 Accept: application/xml

```
@GET   // GET-Aufruf wird vorangestellt
@Path(„students/{id}“)      // Wenn Pfad übereinstimmt: Aufruf Funktion
@Produces(MediaType.APPLICATION_XML)    // Rückgabetyp wird festgelegt
public Student read(@PathParam(„id“) int mnr){
       // Parameter id wird in mnr variable geschrieben
  Student s;
  // s aus Datenbank lesen
  return s; // gibt Studen Objekt zurück, wird zu XML-Objekt umgewandelt
}
```

- Ausgabe beinhaltet Header & XML- / Json-Objekt:

```
HTTP/1.1 200 OK
Content-type: application/xml
Content-length+: <ZEICHENANZAHL>
\r\n
...
```

- Notationen:

JSON:

```
{
  „objektname“ : {
    „mainID“: 12345,
    „integer“: 123,
    „string“: „STRING“,
    „array“ : [123, 456, 789],
    „objekt“ : {
      „string2“: „STRING“,
      „string3“: „STRING“
    }
  }
}
```

XML:

```
<?xml version=“1.0“ ... >
<objektname  mainID=“12345“>
  <integer>123</integer>
  <string>STRING</string>
  <array>
    123, 456, 789
  </array>
  <objekt>
    <string2>STRING</string2>
    <string3>STRING</string3>
  </objekt>
</objektname>
```

MapReduce

```
map(String key, String value):
  // key: document name
  // value: content of document
  for each word w in value:
    emit(w, „1“);     // gibt Wort & „1“ als Paar raus

// dazwischen Sortierung der Paare

reduce(String key, List<String> value):
  // key: unique word
  // value: list of counts
  int result = 0;
  for each v in value:
    restult += Integer.valueOf(v);     // zählt Anzahl Vorkomnisse des Worts
```